Modelo Numérico del Terreno (M.N.T.) de un Reservorio de Excedentes Hídricos en Zonas de Llanura

Broner, Sonia Judith - Ruberto, Alejandro Ricardo

Grupo de Investigación del Dpto de Hidráulica - Fac. de Ingeniería -UNNE
Av.Las Heras 727 - (3500) Resistencia - Chaco - Argentina.
Tel./Fax: +54 (03722) 420076

INTRODUCCIÓN

La utilización de un sistema de mapeo digital de superficie, como el programa SURFER, permite el levantamiento de datos y su representación tridimensional (3D) de proyecciones superficiales, lo que configura un Modelo Numérico del Terreno (M.N.T.), y además el trazado y mapeo de isolíneas.
Sumado a ello proporciona una serie de comandos y funciones que posibilitan la cubicación del sólido modelado y que, a través de transectas, es capaz de representar relaciones de áreas condicionadas a alguna variable.
La alternativa piloto que aquí se presenta ha tenido su aplicación directa como herramienta de apoyo a la evaluación de excedentes pluviales urbanos en el sector Sur de la ciudad de Resistencia, utilizada en el "Estudio de manejo pluvial para la zona Sur del Área Metropolitana del Gran Resistencia". La misma contempla la ampliación de la superficie del Embalse prolongando el terraplén de defensa Sur desde el extremo meridional del Embalse actual en la dirección Sureste cruzando sobre el cauce del riacho Arazá en la progresiva de la intersección con la Av. Colón de Puerto Vilelas y continuando por ésta hacia el Noreste para cerrar con las actuales defensas en la Av. San Martín.
La optimización de la información topográfica generada en el área de ampliación del Embalse, la conformación de las curvas de nivel y el establecimiento de las relaciones gráficas cota-superficie y cota-volumen, se logró con la utilización del SURFER, en su versión para Windows 5.0.

En el Gráfico Nº 1, que se presenta a continuación, se observa el área en estudio:

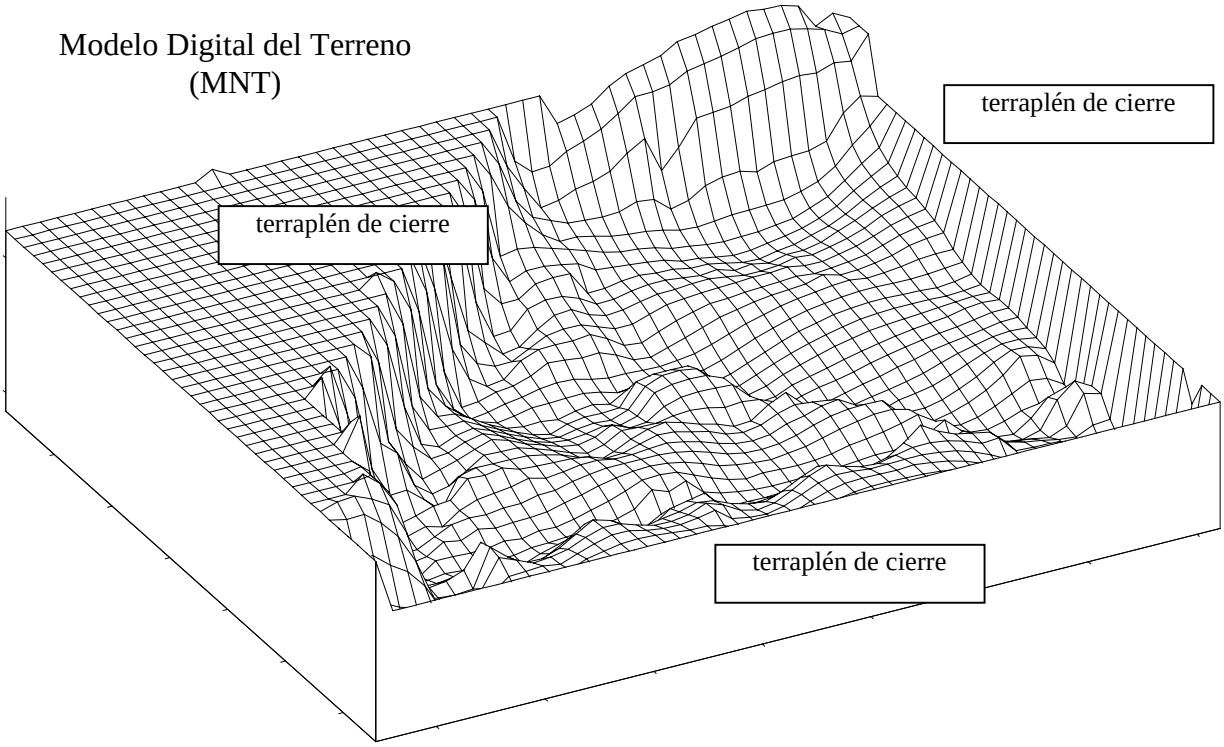
OBJETIVOS

- Establecer la capacidad de embalse y el área inundada por un reservorio en zona llana apto para represar aguas provenientes de excedentes pluviales urbanos.
- Determinar la morfología del terreno en áreas de llanura y modelarla en 3D (tres dimensiones) mediante un M.N.T.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó, en primer lugar, el relevamiento topográfico con el objeto de acotar un número suficiente de puntos destacados del terreno para lograr así, a través del trazado de las curvas de nivel, una mejor representación de la zona en estudio.
La tarea consistió en la medición de una poligonal planialtimétrica cerrada y el levantamiento de perfiles de apoyo que cubrieron aproximadamente las 140 has. propuestas como área de ampliación del reservorio.
El mapa de curvas de nivel requiere un archivo donde se vuelquen los datos espaciales (abscisa, ordenada y cota) y para ello puede utilizarse la hoja de trabajo (worksheet) de SURFER o cualquier planilla de calculo, eligiéndose en este caso EXCEL, la cual tiene un formato compatible con el programa.
Las coordenadas ***x*** e ***y*** se tomaron de una carta catastral de la zona en estudio digitalizada en AUTOCAD, en la cual se representó tanto la poligonal levantada para apoyo planimétrico, como los distintos perfiles longitudinales aguas abajo del embalse y los batimétricos sobre el riacho Arazá. Como origen del sistema se consideró la intersección de los cordones Este de la Av. Mosconi y Norte de la Av. Soberanía Nacional. Los valores de ***z*** o cota fueron los correspondientes al relevamiento realizado.
El programa compone con los datos originales una grilla, calculando coordenadas para los puntos que la forman a través de métodos de interpolación. La adopción de la cantidad de filas y columnas es realizada por el operador y el resultado obtenido dependerá de su correcta elección, siendo la densidad de los puntos acotados el condicionante del espaciamiento.
Cada uno de los métodos de interpolación: Inverso de la distancia, Kriging, Regresión polinómica, o Curvatura mínima, puede arrojar diferentes resultados y se considera mejor aquel que permita reproducir la realidad visible.
Para este trabajo se eligió el **Kriging** por ser uno de los más flexibles y eficaces para cualquier serie de datos: se basa en el reconocimiento de que la variación espacial de cualquier propiedad geológica, edáfica o hidrológica es muy irregular y variable como para ser modelada por una función matemática que “suavize” los resultados, por lo que puede ser mejor descripta por una superficie estocástica.
El plano de curvas de nivel y la representación tridimensional del terreno, se crean a partir del archivo que contiene la cuadrícula con los comandos CONTOUR y SURFACE. Otra función importante para el uso en recursos hídricos es VOLUME, ya que permite el cálculo de volúmenes netos y volúmenes entre dos grillas o entre una grilla y una superficie plana; computando además la superficie en planta.
Se recurrió a esta orden para obtener el volumen contenido entre una cota cualquiera y la altimetría del terreno (representada por la malla), y el área para esa misma cota. Se confeccionó, para ello, una grilla especial que contemplara los límites del área de ampliación y se efectuó el cálculo entre las cotas 45 y 48, a intervalos de 25 cm, espaciamiento considerado razonable.
Los pares de valores cota-volumen y cota-superficie se ajustaron con distintas funciones y la evaluación de sus correspondientes coeficientes de correlación permitieron la adopción de las curvas definitivas.

Se presenta a continuación el Gráfico Nº 2 donde se aprecia la modelación del terreno a partir de una grilla en la cual se ingresaron, en forma manual, las cotas de los terraplenes que definen el cierre del embalse.



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Dado que el embalse estudiado actúa como cuenco receptor de los excesos pluviales provenientes del sector sur de Resistencia, y tratándose de una cuenca urbana con un grado de impermeabilidad creciente, con lo que su tiempo de respuesta ante una tormenta es corto, se hace necesario representar lo mas fielmente posible la morfología del terreno, su capacidad real de almacenamiento y superficie a inundar.
El estudio de las curvas de nivel obtenidas a partir de distintas grillas en las que se varió el espaciamiento de filas y columnas y la densidad de los puntos dato permitió la adopción de las dimensiones de los pixel que forman la malla.
El trabajo de gabinete se apoyó en la realización de un reconocimiento en el terreno de elementos presentes en la zona en estudio, que dado el nivel de definición de la topografía efectuada, no eran fácilmente representables.
Los terraplenes de defensa constituyen un ejemplo de lo dicho anteriormente, para los cuales se hizo necesario, en algunos casos, aumentar la densidad de los puntos dato; y en otros, modificar en forma manual la grilla.
Las fotografías aéreas, en escala 1:5000, y las imágenes satelitales del área se utilizaron también como base para corregir el trazado de las curvas y el modelado del terreno.

CONCLUSIONES

Se ha observado que la metodología aplicada representa con buena precisión la morfología del terreno cuando éste no está conformado por altas pendientes ni bruscos cambios localizados, ya que en estos casos el método de interpolación no reproduce dichas situaciones, dando el **Kriging** buenos resultados cuando los datos tienen una tendencia local bien definida.

Si bien las superficies con variaciones suaves de su pendiente son ejemplos del tipo de datos en los que puede utilizarse Kriging, se hace necesario que el modelado numérico del terreno y el trazado de curvas de nivel se apoye en fotografías aéreas e imágenes satelitales.
En áreas de llanura una pequeña variación en la altura del agua modifica en forma significativa el incremento de las áreas inundadas y de los volúmenes embalsados o a embalsar, por lo que los cambios que se operan son de considerable magnitud. Entonces uno de los aspectos más relevantes del método es la posibilidad que brinda de trazar un nuevo modelado del terreno con los nuevos cambios introducidos por obras en proyecto o ejecutadas. Dichos cambios en el MNT son de rápida resolución con este tipo de programas.

BIBLIOGRAFÍA

1- "Estudio de Manejo Pluvial para la Zona Sur del Area Metropolitana del Gran Resistencia". Informe Final. 1998.
2- "Manual del usuario del programa Surfer for Windows V. 5.0", 1995.
3- Burrough, P.A; "Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assestment", Clarendon Press, Oxford, 1991.
4- Jonson, Nelson; "Autocad 11 - Manual de Referencia"; 1992; Editorial Osborne / Mc Graw-Hill / Interamericana, 2da.; Madrid, España.